

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Особенности конструкции емкостей для транспортировки и хранения сжиженного природного газа на морском транспорте

УДК 622.691.21-404:629.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е41	Крылов Дмитрий Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Беляев Дмитрий Владимирович	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле Александр Владимирович	к.м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Брусник Олег Владимирович	к.п.н.		

Томск – 2018 г.

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является емкость для хранения и транспортировки сжиженного природного газа: Материал стенки емкости: сталь с 10% содержанием никеля</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор существующих классификаций емкостей для хранения и транспортировки СПГ. 2. Анализ конструкций емкостей СПГ для морского транспорта. 3. Выполнение прочностного расчета емкости для хранения СПГ. 4. Финансовый менеджмент. 5. Социальная ответственность. 6. Выводы по работе.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Чертеж сферического резервуара СПГ
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (если необходимо, с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Черепанова Наталья Владимировна, к.ф.н.
Социальная ответственность	Штейнле Александр Владимирович, к.м.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
-	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры ТПМ	Беляев Д.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е41	Крылов Д.Е.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Уровень образования: бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.05.2018	Объект и методы исследования. Разработка модели.	35
18.05.2018	Выполнение расчетной части работы.	55
30.05.2018	Устранение недочетов в работе.	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. Преподаватель	Беляев Д.В.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Брусник Олег Владимирович	к.п.н.		

Планируемые результаты обучения ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК-13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8, п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК-5; ОК-6; ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Профессиональные компетенции		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций.	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК- 15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P13	<p>Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p>
P14	<p>Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p>
P15	<p>Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p>

Реферат

Выпускная квалификационная работа 74 с., 5 рис., 15 табл., 1 приложение, 18 источников.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, резервуары сжиженного природного газа, танкер – метановоз.

Объектом исследования являются резервуары для транспортировки сжиженного природного газа на морском транспорте.

Цель работы – исследование резервуара для транспортировки сжиженного природного газа сферического типа.

В процессе исследования проводились: литературный обзор темы, изучение методик прочностного расчета сферического резервуара.

В результате исследования была рассчитана минимальная допустимая толщина стенки резервуара.

Область применения: Транспортировка сжиженного природного газа морским транспортом.

Оглавление

Введение.....	12
1. Обзор литературы.....	14
2. Объекты и методы исследования	15
2.1. Характеристика сжиженного газа	15
2.2. Производственно-сбытовая цепочка СПГ	17
2.3. Морские суда для перевозки СПГ	20
2.4. Классификация грузовых емкостей	22
3. Прочностной расчет сферического резервуара.....	29
3.1. Расчет стенки резервуара	29
3.2. Проверочный расчет прочности стенки резервуара.....	29
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	35
4.1. Анализ конкурентных технических решений	36
4.2. SWOT-анализ.....	38
4.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	41
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	51
5. Социальная ответственность	56
5.1. Описание рабочей зоны.....	57
5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	58
5.3. Анализ опасных факторов, выявленных на производстве.....	61
5.4. Экологическая безопасность.....	66
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66
Заключение	71
Список использованных источников	72
Приложение А	74

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

СПГ – сжиженный природный газ.

Танк – резервуар для транспортировки СПГ.

Регазификация – процесс преобразования сжиженного природного газа из жидкого состояния в газообразное.

Хладагент – вещество холодильной машины, которое при кипении или расширении отбирает тепло от охлаждаемого тела и затем после сжатия отдает его окружающей среде.

Введение

В настоящее время нефтегазовая промышленность является одной из главенствующих отраслей, определяющих экономическое развитие нашей страны. Одним из перспективных направлений этой отрасли является развитие производства и последующего экспорта СПГ. Это связано с тем, что сжиженный природный газ превышает аналогичные параметры нефти и угля, что делает его в ближайшей перспективе более привлекательным, в силу следующих преимуществ:

- повышенная удельная теплота сгорания;
- большая эффективность – сжиженный газ является полностью контролируемым топливом, дающим возможность планировать затраты и точный расход;
- оптимизация трудовых ресурсов – котельная, работающая на газе СПГ, обслуживается автоматически;
- независимый источник энергии. – благодаря уменьшенному объему СПГ его можно с легкостью складировать;
- высокий коэффициент полезного действия;
- экологичность;
- более низкая стоимость (но только при транспортировке на расстояние до 2000 км. морским путем и 4000 км. по суше).

Существуют и другие технологические преимущества этого вида топлива. СПГ представляет собой, в основном, сжиженный метан, который был получен в результате охлаждения природного газа до температуры минус 162 градусов. Уникальные свойства метана позволяют веществу «сжаться» в размерах почти в 600 раз. Это привело к резкому сокращению транспортных расходов на перевозку СПГ. Также как нефть легко можно перевозить морским путем в специальных резервуарах-танках. Поэтому модернизация одной из важнейших инфраструктурных частей энергетической отрасли – специальных хранилищ для транспортировки сжиженного природного газа,

является важной частью для развития российской экономики. Эти емкости имеют высокие прочностные показатели и отличаются от емкостей на танкерах, перевозящих нефть, высокой теплоизоляцией.

Цель работы: исследование сферического резервуара.

Задачи:

- Выявить особенности емкостей для данного типа танка;
- Произвести прочностной расчет.

Объект исследования: сферическая емкость для транспортировки СПГ.

1. Обзор литературы

Сжиженный природный газ является экологически чистым природным топливом. Благодаря его физическим свойствам его выгодно транспортировать морским транспортом на дальние расстояния, а также легко складировать. Для транспортировки сжиженного природного газа, резервуары имеют конструктивные особенности, позволяющие безопасно транспортировать криогенную жидкость.

Классификация танкеров представлена в работах [6], [7].

Конструктивные особенности резервуаров отражены в работе [1], [10].

Расчет прочностных характеристик представлен в работе [15].

2. Объекты и методы исследования

2.1. Характеристика сжиженного газа

Природный газ – это смесь газов, образовавшихся в результате анаэробного разложения органических веществ в недрах земли, тем самым относясь к группе осадочных горных пород и являясь полезным ископаемым. В условиях залегания в недрах земли или в пластовых условиях природный газ находится в газообразном состоянии в виде отдельных газовых скоплений – залежей либо в виде газовой шапки нефтегазовых месторождений, а также в растворенном состоянии в нефти или в воде.

Сжиженный природный газ — природный газ, искусственно сжиженный, путём охлаждения до — 163°C, для облегчения хранения и транспортировки. Для хозяйственного применения преобразуется в газообразное состояние на специальных регазификационных терминалах. Сжиженные углеводородные газы состоят из простых углеводородных соединений, являющихся органическими веществами, содержащими в своем составе 2 химических элемента – углерод (C) и водород (H). Углеводороды отличаются друг от друга количеством атомов углерода и водорода в молекуле, а также характером связей между ними. Самый простой углеводород – метан(CH₄). Он является основным компонентом природного газа [8].

СПГ представляет собой жидкость без запаха и цвета, плотность которой примерно в 100 раз выше плотности газа. Не токсичен. Температура кипения –158...–163°C. Современный СПГ состоит на 95% из метана, в остальные 5% входят этан, пропан, бутан, азот. Нижняя граница сгорания — 33494 кДж/м³(50116 кДж/кг).

В процессе обработки газ очищается от различных примесей, которые способны затруднить как транспортировку, так и последующее применение газа. Например, содержащиеся в газе пары воды в определенных условиях провоцируют образование гидратов или конденсата, впоследствии

скапливающегося в местах изгибов трубопроводов и тем самым затрудняя продвижение по магистрали газа. Кроме того, сероводород провоцирует ускоренное образование коррозии в газовом оборудовании, в частности в трубопроводах, емкостях теплообменников и прочее. Кроме подготовки газа также предусматривается обязательная подготовка трубопровода, в большинстве случаев обеспечиваемая посредством специальных азотных установок, применяемых для создания в трубопроводе инертной среды.

При сжижении природный газ уменьшается в объёме примерно в 600 раз. Процесс сжижения идет ступенями, на каждой из которых газ сжимается в 5—12 раз, затем охлаждается и передается на следующую ступень. Собственно, сжижение происходит при охлаждении после последней стадии сжатия. Процесс сжижения, таким образом, требует значительного расхода энергии — до 25% от её количества, содержащегося в сжиженном газе.

В процессе сжижения используются различные виды установок — дроссельные, турбодетандерные, турбинно-вихревые и пр.

Существует технология, позволяющая сэкономить на сжижении до 50% энергии, с использованием энергии, теряемой на газораспределительных станциях при дросселировании природного газа от давления магистрального трубопровода (4—6 МПа) до давления потребителя (0,3—1,2 МПа). При этом используется как собственно потенциальная энергия сжатого газа, так и естественное охлаждение газа при снижении давления. При этом дополнительно экономится энергия, необходимая для подогрева газа перед подачей к потребителю [17].

Вместе с тем, жидкими газами называют смеси летучих углеводородов (C_2 , C_3 , C_4), которые при обычной температуре находятся в жидком состоянии под сравнительно невысоким давлением. Сжиженные смеси этих углеводородов легко могут храниться, транспортироваться и распределяться между потребителями.

Если жидкие газы получают из естественного нефтяного газа, то в их состав входят в различных соотношениях пропан и бутан с небольшой

примесью этана.

Для инженерных расчетов, конечно, берутся физические свойства метана, но, когда требуется точный подсчет тепловой ценности и плотности, - учитывается реальный композитный состав СПГ.

Некоторые физико-химические свойства углеводородов, входящих в состав сжиженных газов, приведены в приложении А.

Природный газ в жидком виде закачивается в морские суда специальной конструкцией, которая включает в себя завод по СПГ, резервуары-хранилища, погрузочные платформы, установки обработки газа и испарений, испарительные системы и газопровод. И перевозится на приёмные терминалы, расстояние до которых часто составляет тысячи миль. Цепочка сжижающих установок и приемных терминалов в разных частях планеты, связанных морскими транспортными маршрутами, называется производственно- сбыточной цепочкой СПГ.

2.2. Производственно-сбытовая цепочка СПГ

Природный газ в жидком виде закачивается в морские суда специальной конструкцией, которая включает в себя завод по СПГ, резервуары-хранилища, погрузочные платформы, установки обработки газа и испарений, испарительные системы и газопровод. И перевозится на приёмные терминалы, расстояние до которых часто составляет тысячи километров. Цепочка сжижающих установок и приемных терминалов в разных частях планеты, связанных морскими транспортными маршрутами, называется производственно- сбыточной цепочкой СПГ

Заводы по сжижению природного газа

Важным компонентом инфраструктуры отгрузочного терминала является завод по сжижению газа. В настоящее время таких заводов 46, в основном они находятся в странах – экспортерах газа: Алжир–5, Индонезия–9, Нигерия–4, Катар-8, Тринидад и Тобаго - 4. В настоящее время, по оценкам различных экспертов, отечественные производители занимают около 4-5% мирового СПГ-рынка. К концу этого десятилетия объем производства СПГ

должен достигнуть уровня в более чем 50 миллионов тонн ежегодно. К этому моменту, согласно прогнозам иностранных аналитических агентств, общемировое производство составит 550-600 миллионов тонн. Иными словами, Россия будет занимать около 10% на рынке СПГ, а к 2025 около 13% [16].

Заводы по сжижению природного газа, построенные для переработки газа из месторождений с трудно извлекаемыми запасами, называются заводами базовой нагрузки, и сегодня они составляют основную часть мощностей по производству СПГ. Несмотря на свою дороговизну и сложность, заводы по производству СПГ – это просто большие холодильные установки, а охлаждение – главный процесс в сжижении природного газа. Они включают три отдельных участка: участок очищения, участок сжижения и хранения и участок погрузки на судно.

Первый участок: очищение природного газа.

Поскольку производство СПГ связано с крайне низкими температурами, обычный трубопроводный газ должен пройти тщательную очистку перед сжижением. Удаление примесей на заводе по производству СПГ направлено на предотвращение трех потенциальных осложнений:

- во-первых, такие примеси, как вода и углекислый газ, подлежат полному удалению, поскольку они могут замерзнуть во время сжижения и закупорить трубопроводы и другие оборудования;
- во-вторых, азот может повысить вероятность расслаивания содержимого резервуаров СПГ, и его концентрацию обычно понижают менее чем 1 мол. %;
- в-третьих, осуществляется удаление ртути до содержания менее 0,01 мкг/м³. Более высокое содержание ртути приводит к коррозии алюминиевых поверхностей теплообменников и их последующему разрушению [5].

Второй участок: сжижение природного газа.

Очищенный природный газ поступает в секцию охлаждения, для

охлаждения газа от температуры окружающей среды до -163°C требуется отвод немалого количества тепла, что осуществляется в ходе замкнутого процесса охлаждения с использованием смешанного хладагента или каскадное охлаждение чистыми компонентами. Например, в процессе охлаждения смешанного хладагентом с предварительным охлаждением пропаном, разработанном компанией AirProuduts&Chemicals, используется пропан и многокомпонентный хладагент для сжижения очищенного природного газа за два цикла охлаждения. Альтернативная технология, которой является оптимизированный процесс каскадного охлаждения компании ConocoPhilips, включает три цикла охлаждения чистыми хладагентами для постепенного охлаждения и сжижения природного газа.

Каждый поход имеет свои достоинства и недостатки, и окончательный выбор существенно зависит от требований заказчика и условий на площадке. В 2006 г. Примерно на 80% заводов по производству СПГ в мире использовали процесс со смешанным хладагентом, а на остальных 20% - каскадное сжижение.

Третий участок: сжатие природного газа.

Для сжатия хладагента используются как центробежные, так и осевые компрессоры. Компрессоры для смешанного хладагента должны иметь высокую производительность при низких температурах, и обычно для этого выбираются осевые компрессоры. С другой стороны, для этиленового хладагента, применяемого в каскадном процессе, может потребоваться центробежный компрессор. Выбор типа и конструкции компрессора зависит от конкретного хладагента и рабочих условий.

Как правило, на заводах по производству СПГ имеется несколько технологических линий для сжижения природного газа. Продукция одной или нескольких линий отправляется в близлежащие теплоизолированные резервуары-хранилища, где СПГ хранится до прибытия судна для загрузки и транспортировки на удаленные терминалы.

2.3. Морские суда для перевозки СПГ

Морские суда, служащие для перевозки сжиженного природного газа называются – танкерами-метановозами. Грузовые емкости(танки) на метановозах выдерживают давление до 2 бар и температуру до -163°C . Вместимость танкеров-метановозов, которые используются в настоящее время, превышает 125 000, а в недалеком будущем планируется построить метановоз вместимостью свыше 300 000 м³.

На метановозах используются грузовые танки двух типов:

- самоподдерживающиеся(самонесущие)
- встроенные.

Из-за теплообмена груза с окружающей средой часть его испаряется. Понижать избыточное свыше допустимого давление паров можно:

- стравливая давление в атмосферу,
- используя газ как топливо,
- сжижая газ и возвращая пары в танк.

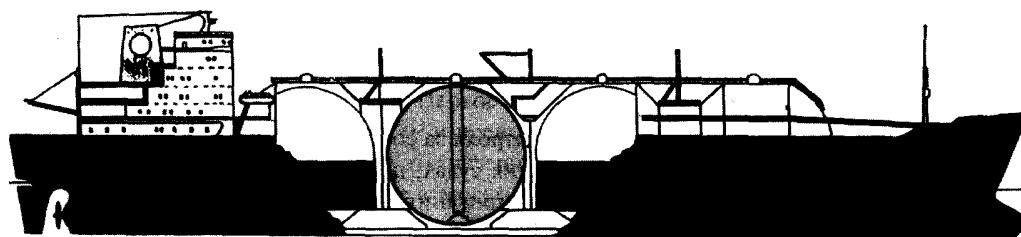


Рисунок 1 – Газовоз-метановоз

На первом судне, перевозившем метан через океан, от избыточного давления в танках избавлялись, используя первый метод. Однако сейчас метан используют как топливо для главного двигателя совместно с обычным топливом. В качестве главного двигателя на таких судах применяют паровую турбину, но существуют и танкеры с дизельными энергетическими установками, использующими и метан, и дизельное топливо.

Количество испаряющегося газа должно быть не больше необходимого для силовой установки. Например, на метановозе вместимостью 125 000 м³ ежедневно испаряется от 0,18 до 0,25% общего

количества груза. Это значит, что примерно 70—75% топлива, нужного для обеспечения полного хода, можно получить за счет использования метана.

Перед погрузкой природного газа грузовые танки следует заохладить до температуры -135°C , чтобы избежать разрушения материала танков в результате перепада температур. Такое захлаживание проводят при использовании системы распыления груза в пространстве танка в соответствии с температурно-временными характеристиками для данного судна. Обычно скорость захлаживания 5—7 град/ч.

Суда, перевозящие газы под давлением, не нуждаются в грузовых насосах. Выгрузка жидкого груза производится за счет избыточного давления в танке, которое вытесняет груз в береговые емкости. При необходимости для дополнительного повышения давления используют судовой или береговой компрессор. На палубе устанавливают так называемый бустерный насос, который служит для повышения давления в трубопроводе. Обычно этот насос применяют при выгрузке в береговые танки, расположенные на большом расстоянии от судна или же на большой высоте [10].



Рисунок 2 – Погрузка сжиженного природного газа на танкер-газовоз

Крупнейшими производителями судов для перевозки сжиженного природного газа являются японские и корейские верфи: Mitsui, Daewoo,

Hyundai, Mitsubishi, Samsung, Kawasaki. Именно на корейских верфях было создано более двух третей газовозов в мире

Типовой СПГ-танкер может перевозить 145-155 тыс. м³ сжиженного газа, из чего может быть получено порядка 87-93 млн. м³ природного газа в результате регазификации. Количество танков - от 4-х до 6-ти, причем это либо самонесущие, либо мембранные танки [7]. По своему размеру суда-газовозы аналогичны авианосцам, но значительно меньше сверхкрупнотоннажных нефтеналивных судов. Ввиду того, что метановозы отличаются чрезвычайной капиталоемкостью, их простой недопустим. Они быстроходны, скорость морского судна, перевозящего сжиженный природный газ, достигает 18-20 узлов по сравнению с 14 узлами для стандартного нефтетанкера. Кроме того, операции по наливу и разгрузке СПГ не занимают много времени (в среднем 12-18 часов).

На случай аварии СПГ-танкеры имеют двухкорпусную структуру, специально предназначенную для недопущения утечек и разрывов. Груз (СПГ) перевозится при атмосферном давлении и температуре -162°C в специальных термоизолированных резервуарах (именуется «*система хранения груза*») внутри внутреннего корпуса судна-газовоза. Система хранения груза состоит из первичного контейнера или резервуара для хранения жидкости, слоя изоляции, вторичной оболочки, предназначенной для недопущения утечек, и еще одного слоя изоляции. В случае повреждения первичного резервуара вторичная оболочка не допустит утечки. Все поверхности, контактирующие с СПГ, изготавливаются из материалов, стойких к чрезвычайно низким температурам. Поэтому в качестве таких материалов, как правило, используются *нержавеющая сталь, алюминий или инвар* (сплав на основе железа с содержанием никеля 36%) [6].

2.4. Классификация грузовых емкостей

В соответствии с правилами ИМО грузовые танки, предназначенные для перевозки сжиженных газов, делятся на пять основных групп [1]:

- встроены,
- мембранные,
- полумембранные,
- независимые типов А, В и С,
- с внутренней изоляцией.

Встроенные танки - это грузовые емкости, которые являются частью корпуса судна и участвуют в обеспечении его общей и местной прочности. Танки предназначены для грузов, во время перевозки которых никакая часть корпуса не испытывает воздействия температур ниже -10°C .

Рабочее давление в таких танках, как правило, не превышает 0,25 бара, однако оно может быть увеличено до 0,7 бара, если соответствующим образом увеличивается размер и количество внутренних связей танка.

Поскольку в судостроении используется сталь с температурным пределом не ниже -10°C , практического применения при перевозке сжиженных газов такие танки не находят.

Мембранные танки не являются самонесущими (Self-supporting), состоят из тонкой мембраны, уложенной на изоляцию. Изоляция, в свою очередь, располагается прямо на корпусе судна, так что давление в танке напрямую передается конструкциям корпуса. Корпус является основным несущим элементом таких танков.

Мембрана танков проектируется таким образом, чтобы термические и другие виды расширения или сжатия компенсировались без ее чрезмерного напряжения. Чаще всего танки такой конструкции используются на судах Gas Transport французской постройки.

Для повышения безопасности мембранные танки должны быть окружены вторичным барьером. Это достигается за счет установки дополнительной мембраны внутри слоя изоляции.

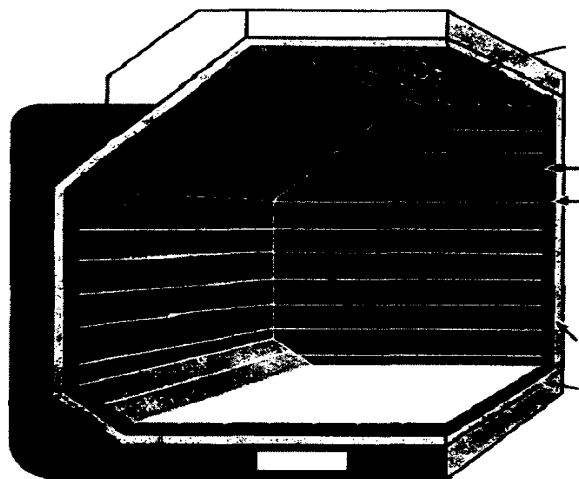


Рисунок 3 – Общий вид мембранного танка

В результате конструирования мембранного танка получается своеобразный «слоеный пирог», который состоит (по направлению внутрь танка) из следующих слоев:

- борт судна;
- вторичная изоляция;
- вторичный барьер;
- первичная изоляция;
- первичный барьер;
- груз.

Толщина первичной мембраны — 0,5 мм, ее изготавливают из ИНВАРстали (содержит 36% никеля), коэффициент термального расширения которой практически равен нулю, поэтому термальное сжатие—расширение танка исключаются. Зачастую в виде изоляции используется *перлит* — сыпучий материал в виде крупы, состоящий из маленьких стеклянных шариков, наполненных воздухом. Рабочее давление таких танков обычно не превышает 0,25 бара.

Полумембранные танки также не являются самонесущими в загруженном состоянии, состоят из оболочки, частично поддерживаемой через изоляцию смежными конструкциями корпуса судна.

Компенсация термического и других видов расширения или сжатия достигается за счет округления угловых частей первичной оболочки танка.

Для танков такого типа также необходима установка вторичного барьера.

Вторичный барьер, как и в предыдущем случае, создается за счет помещения внутри изоляции дополнительной мембраны, которая крепится к корпусу судна специальными стяжками. Сам танк изготавливается из алюминия или 9%-ной никелевой стали толщиной около 3 мм. Рабочее давление в танках не превышает 0,25 бара.

Независимые танки (вкладные цистерны) — самонесущие, не являются составной частью корпуса судна и не участвуют в обеспечении общей прочности корпуса.

Вкладные цистерны крепятся к корпусу судна только через специальные суппорты, позволяющие им сжиматься и расширяться независимо от корпуса судна.

Независимые танки можно разделить на три группы.

1. Независимые танки типа «А» представляют собой герметичную оболочку в виде призмы, изготовленную из стали или алюминия, наиболее полно использующую полезный объем корпуса. Для обеспечения необходимой остойчивости и уменьшения влияния свободной поверхности танк разделен продольной переборкой на две части, которые соединены между собой рядом отверстий в куполе танка, т. е. в газовой части. В нижней части переборки обычно ставится переборочный клинкет, позволяющий использовать насосы как для одной части танка, так и для обеих частей. Танк устанавливается над вторым дном на специальные кронштейны, изготовленные из твердых пород дерева, и удерживается этими кронштейнами в вертикальном и горизонтальном направлениях. Кроме того, танк жестко крепится к корпусу судна в своей верхней центральной части, так что он может свободно расширяться и сжиматься. Для таких танков требуется вторичный барьер. На судах LPG это решается использованием низкотемпературной стали в конструкциях корпуса, примыкающих к грузовому танку.

На судах, построенных по проекту English Conch, используют танки такой конструкции для перевозки природного газа при температуре -163°C . Их изготавливают из алюминия или 9%-ной никелиевой стали. В качестве изоляции применяют комбинацию полиуретановой пены, стекловолокна и бальсы. Вторичный барьер при этом размещают внутри слоя изоляции в виде стальной мембраны для предотвращения прямого контакта холодного груза с корпусом судна в результате протечки. Рабочее давление в танках не превышает 0,25 бара.

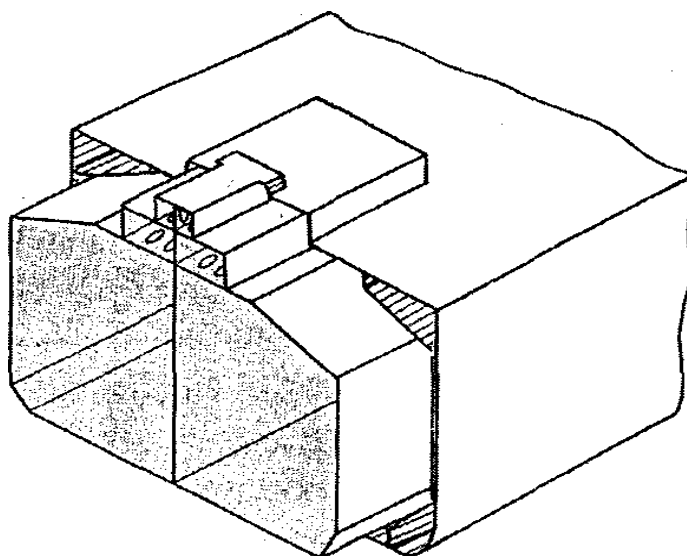


Рисунок 4 – Независимый танк типа А

2. Независимый танк типа «В» может быть точно таким же, как и типа «А», но должен быть освидетельствован как более безопасный, чем первый. Резервуары данного типа изготавливаются из алюминиевого сплава, имеющего следующий состав (%): кремний – 0,4; железо – 0,4; медь – 0,1; марганец – 0,4–1; магний – 4–4,9; хром – 0,05–0,25; цинк – 0,25; титан – 0,15; другие примеси – 0,15; остальное – алюминий.

Этот сплав обладает следующими механическими свойствами при 20°C :

- предел прочности на разрыв, МПа – 2,74;
- минимальный предел текучести, МПа – 1,2;
- минимальное относительное удлинение, % – 16.

Главным преимуществом данного сплава является то, что его механические свойства улучшаются при рабочих криогенных температурах [10].

Танки такого типа обычно требуют установки частичного вторичного барьера. Нормальное рабочее давление в таких танках должно быть 0,25 бар, однако оно может быть увеличено до 0,7 бар.

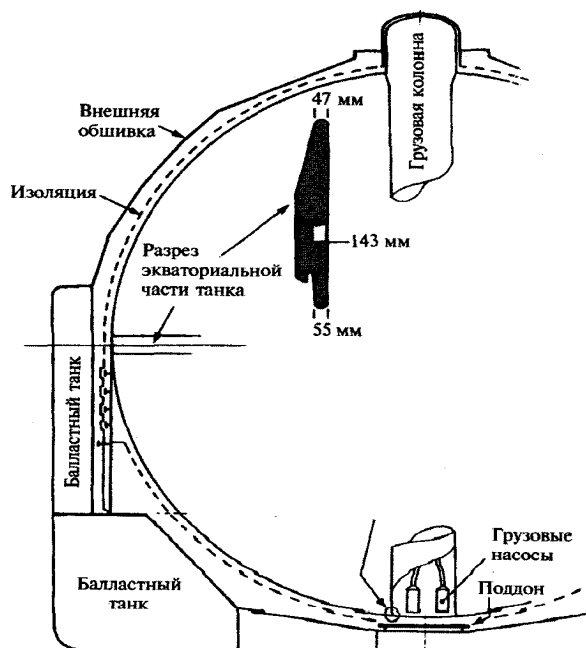


Рисунок 5 – Конструкция сферического самонесущего танка типа «В»

Примером танков типа «В» могут служить и сферические танки Moss-Rossenberg, предназначенные для перевозки природного газа. Это самоподдерживающиеся танки, которые закреплены в цилиндрических стаканах.

Изготовлены они из алюминия или стали, содержащей 9% никеля. Внутри танка находится цилиндрическая колонна, где помимо всего прочего располагаются все трубопроводы. Танк и часть крепежного стакана изолированы полистиролом. Танки построены по принципу Leak before failure (небольшая течь перед полным разрушением) и отвечают высоким требованиям безопасности.

Так, незначительная протечка груза, постепенно после ее появления увеличиваясь, приведет к разрушению танка спустя примерно год, если судно

будет находиться в Северном море в сезон штормов. Благодаря такому запасу прочности устанавливать сплошной вторичный барьер не требуется, но для обнаружения протечек и сбора газа под каждым танком размещают небольшой вторичный барьер.

3. Независимый танк типа «С» должен соответствовать требованиям безопасности, которые предъявляются к сосудам под давлением. Поскольку эти требования довольно высоки, вторичный барьер вокруг танков типа С не делают. Танки изготавливают в форме одинарного или двойного цилиндра и крепят к корпусу судна с помощью специальных подушек из твердых пород дерева. На одной из подушек танк закреплен жестко, а остальные позволяют ему свободно сжиматься и расширяться независимо от корпуса судна. Танки такого типа используют как на судах, перевозящих газы под частичным давлением, так и на судах, перевозящих газы под полным давлением паров.

3. Прочностной расчет сферического резервуара

3.1. Расчет стенки резервуара

Исходные данные:

1) $D=40\text{м}=40000\text{мм}$ – диаметр резервуара;

2) $\gamma = 4200 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} = 4,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Н}}{\text{мм}^3}$ – удельный вес жидкости в

резервуаре;

3) $p_{\text{изб}} = 0,25 \text{ Бар} = 0,025 \text{ МПа}$ – избыточное давление над поверхностью жидкости;

4) Материал резервуара – сталь 0Н9.

Вычисляем прибавку на коррозию:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 1 + 0,8 + c_3 = 1,8 + c_3, \quad (1)$$

где:

c_1 – прибавка на коррозию, мм;

c_2 – прибавка на минусовой допуск листа, мм;

c_3 – конструктивная прибавка, мм.

Расчетное давление вычисляется по формуле:

$$p = p_{\text{изб}} + \gamma \cdot D = 0,025 + 4,2 \cdot 10^{-6} \cdot 40000 = 0,193 \text{ МПа} \quad (2)$$

Минимально допустимая толщина стенки резервуара [9]:

$$s = \frac{p \cdot D}{4 \cdot [\sigma] \cdot \phi} + c = \frac{0,193 \cdot 40000}{4 \cdot 520 \cdot 0,95} + 1,8 + c_3 = 5,71 + c_3 = 7 \text{ мм} \quad (3)$$

3.2. Проверочный расчет прочности стенки резервуара

Расчет на прочность по допускаемому напряжению для каждого пояса стенки резервуара проводится по формуле [15]:

$$\sigma_x \leq \frac{\gamma_c \cdot R_{\text{шт}}}{\gamma_T} \quad (4)$$

Для каждого пояса резервуара по максимальному значению определяем гидростатическое давление:

$$p_x = \gamma_0 \cdot \rho \cdot g \cdot (H - x) + P_{\text{сраб}}, \quad (5)$$

где:

$$P_{\text{сраб}} = \gamma_{fs} \cdot P_s^H = 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ кПа} \quad (6)$$

$P_s^H = 25 \text{ кПа}$ -нормативное значение избыточного давления;

$\gamma_{fs} = 1,2$ -коэффициент надежности по избыточному давлению;

$\gamma_{f,0} = 0$ -коэффициент надежности по гидростатическому давлению;

$\rho = 420 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ -плотность сжиженного природного газа;

$g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ -ускорение свободного падения;

H -высота стенки резервуара.

$$1 \text{ пояс: } p_1 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 0) + 30000 = 71202 \text{ Па}$$

$$2 \text{ пояс: } p_2 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 1,25) + 30000 = 66051 \text{ Па}$$

$$3 \text{ пояс: } p_3 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 2,5) + 30000 = 60901 \text{ Па}$$

$$4 \text{ пояс: } p_4 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 3,75) + 30000 = 55751 \text{ Па}$$

$$5 \text{ пояс: } p_5 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 5) + 30000 = 50601 \text{ Па}$$

$$6 \text{ пояс: } p_6 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 6,25) + 30000 = 45451 \text{ Па}$$

$$7 \text{ пояс: } p_7 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 7,5) + 30000 = 40300 \text{ Па}$$

$$8 \text{ пояс: } p_8 = 1 \cdot 420 \cdot 9,81 \cdot (10 - 8,75) + 30000 = 35150 \text{ Па}$$

Вычисляем значения напряжений в стенке по формуле:

$$\sigma_x = \frac{p_x \cdot r}{t_{\text{ф.х}}}, \quad (7)$$

где:

r – радиус резервуара;

$t_{\text{ф.х}}$ – толщина стенки резервуара в рассматриваемом сечении;

p_x – гидростатическое давление в рассматриваемом сечении.

$$1 \text{ пояс: } \sigma_1 = \frac{p_1 \cdot r}{t_1} = \frac{72202 \cdot 20}{0,0055} = 120,337 \cdot 10^6 \text{ Па} = 120,337 \text{ МПа}$$

$$2 \text{ пояс: } \sigma_2 = \frac{p_2 \cdot r}{t_2} = \frac{66051 \cdot 20}{0,007} = 188,717 \cdot 10^6 \text{ Па} = 188,717 \text{ МПа}$$

$$3 \text{ пояс: } \sigma_3 = \frac{p_3 \cdot r}{t_3} = \frac{60901 \cdot 20}{0,006} = 203,003 \cdot 10^6 \text{ Па} = 203,003 \text{ МПа}$$

$$4 \text{ пояс: } \sigma_4 = \frac{p_4 \cdot r}{t_4} = \frac{55751 \cdot 20}{0,006} = 185,836 \cdot 10^6 \text{ Па} = 185,836 \text{ МПа}$$

$$5 \text{ пояс: } \sigma_5 = \frac{p_5 \cdot r}{t_5} = \frac{50601 \cdot 20}{0,006} = 168,670 \cdot 10^6 \text{ Па} = 168,670 \text{ МПа}$$

$$6 \text{ пояс: } \sigma_6 = \frac{p_6 \cdot r}{t_6} = \frac{45451 \cdot 20}{0,0065} = 139,849 \cdot 10^6 \text{ Па} = 139,849 \text{ МПа}$$

$$7 \text{ пояс: } \sigma_7 = \frac{p_7 \cdot r}{t_7} = \frac{40300 \cdot 20}{0,0065} = 124 \cdot 10^6 \text{ Па} = 124 \text{ МПа}$$

$$8 \text{ пояс: } \sigma_8 = \frac{p_8 \cdot r}{t_8} = \frac{35150 \cdot 20}{0,0065} = 108,153 \cdot 10^6 \text{ Па} = 108,153 \text{ МПа}$$

Вычисляем допустимую величину напряжений в стенке резервуара для каждого из поясов. Затем сравниваем допускаемую величину напряжений в стенке резервуара со значениями возникающих напряжений.

$$\sigma_x = \frac{\gamma_c \cdot R_{\text{ин}}}{\gamma_T}, \quad (8)$$

где:

γ_c - коэффициент условий работы стенки резервуара при расчете ее на прочность ($\gamma_c = 0,7$ - для нижнего пояса, $\gamma_c = 0,8$ - для остальных поясов);

$\gamma_T = 1,1$ - коэффициент надежности по материалу для листовых прокатов, используемых в резервуаростроении;

$R_{\text{ин}} = 520 \text{ МПа}$ - предел текучести материала стенки резервуара.

$$\text{для 1 пояса: } \sigma_1 = \frac{0,7 \cdot 520}{1,1} = 330,9 \text{ МПа};$$

$$\text{для 2 – 8 поясов: } \sigma_{2-8} = \frac{0,8 \cdot 520}{1,1} = 378,18 \text{ МПа};$$

Дальнейшее сравнение действующих и допустимых напряжений показывает, что условие прочности выполняется. Окончательно принимаем толщину стенки равную 7 мм.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Е41	Крылов Дмитрий Евгеньевич

Инженерная школа природных ресурсов		Отделение нефтегазового дела	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских научных публикациях, статьях, нормативно-правовых документах.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ SWOT-анализ Календарный план-график реализации проекта
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности научного исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценочная карта конкурентных технических решений 2. Матрица SWOT 3. Иерархическая структура работ 4. Календарный план проекта 5. Бюджет проекта 6. Определение ресурсоэффективности проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ИШБИП	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E41	Крылов Дмитрий Евгеньевич		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения технологий и разработок для последующей разработки экономически эффективного и конкурентно способного оборудования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить общую экономическую концепцию проекта;
- разработать план научно-исследовательских работ;
- выявить потребительский рынок и обозначить конкурентов;
- определить сильные и слабые стороны проекта, оценить внешнюю обстановку и изучить альтернативы;
- оценить уровень конкурентоспособности и коммерческого потенциала научно-исследовательского проекта
- определить ресурсную (ресурсосберегающую), финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективность исследования.

Целью данной работы является проектирование сферической емкости для транспортировки и хранения сжиженного природного газа на водном транспорте

Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемый резервуар предназначается для транспортировки сжиженного природного газа от завода по производству СПГ до потребителя. Целевым рынком объекта исследования являются страны, конструирующие танкеры-газовозы.

Сегментировать рынок использования разработки можно по величине образовательной ценности, которая складывается из доступности научного оборудования на рынке и потенциал оборудования в учебных целях. Результаты сегментирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка услуг

		Тип емкости		
		сферические	мембранные	призматические
Материал емкости	Сталь с 9% никеля			
	Алюминий			
Южная Корея				
США				
Япония				

4.1. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Показатели оцениваются по пятибальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей в сумме составляют 1.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 2.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле 1.

$$П_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (9)$$

где:

Π_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1. Объем резервуара	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
2. Тепловая изоляция	0,13	5	3	4	0,65	0,39	0,52
3. Энергоэкономичность танкера	0,07	4	5	3	0,28	0,35	0,21
4. Простота эксплуатации	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
5. Масса-габариты	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,40
6. Надежность	0,15	4	5	4	0,45	0,75	0,60
1. Цена	0,16	4	3	4	0,64	0,48	0,64
2. Конкурентоспособность	0,03	3	5	1	0,09	0,15	0,03
3. Перспективность использования	0,05	4	5	2	0,20	0,25	0,10

4. Финансовая эффективность	0,17	4	4	3	0,68	0,68	0,51
5. Рынки сбыта	0,01	4	4	2	0,04	0,04	0,02
Итого	1	45	48	36	4,05	4,01	3,54

Б_ф- Применение сферических цистерн

Б_{к1}- Применение мембранных цистерн

Б_{к2}- Применение призматических цистерн

По таблице 2 видно, что наиболее эффективно использование сферических емкостей, это связано с тем, что сферические емкости являются более надежными и на их изготовление требуется меньше материала.

$$K_1 = \frac{B_{\phi}}{B_{k1}} = \frac{4,05}{4,01} = 1,001 \quad K_2 = \frac{B_{k2}}{B_{k1}} = \frac{3,53}{4,01} = 0,88 \quad (10)$$

4.2. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для дальнейшего анализа необходимо определить следующие понятия:

Сильные стороны – факторы, которые характеризуют качества, повышающие конкурентоспособность проекта. Сильные стороны отражают преимущество, которым обладает руководство проекта и использование которого позволяет более эффективно достигать поставленных.

Слабые стороны – это недостатки, которые характеризуют наличие ограничений или упущений, присутствующих в проекте. Наличие таких недостатков препятствует достижению поставленных целей или приводит к увеличению количества ресурсов необходимых для получения запланированных результатов.

Возможности – это влияние внешних факторов на рыночную среду, которые приводят к улучшению позиций проекта среди конкурентов. Возможности являются благоприятным событием для проекта.

Угрозы – это влияние внешних факторов на рыночную среду, которые приводят к ухудшению позиций проекта среди конкурентов. Возможности являются неблагоприятным событием для проекта несущим разрушительный или ограничивающий характер.

SWOT анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап – необходимо описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые существуют или способны появиться в его внешней среде. Результаты представлены в таблице 4.

Второй этап – определение соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Требуется построить интерактивную матрицу проекта, в которой «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, «-» – слабое соответствие, «0» – соответствие лежит между «+» и «-». Получившаяся интерактивная таблица приведена в таблице 3.

Третий этап – составить итоговую матрицу SWOT анализа. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	0	0	-
	B2	+	0	-	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	+	+	-	-	0
	B5	+	+	-	-	-

Таблица 4 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Большая перспектива развития</p> <p>C2. Востребованность проекта странами-экспортерами СПГ</p> <p>C3. Низкая стоимость транспортировки</p> <p>C4. Долгий срок службы</p> <p>C5. Высокий уровень технического оснащения проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Большие габариты резервуара</p> <p>Сл2. Большая материалоемкость</p> <p>Сл3. Узконаправленное применение</p> <p>Сл4. Требуется высокая квалификация персонала</p>
<p>Возможности:</p> <p>B1. Отсутствие массового производства аналогов в РФ</p> <p>B2. Усовершенствование конструкции сферических резервуаров</p> <p>B3. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>1. Усовершенствование конструкций сферических резервуаров значительно может</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1. Развитие технологий и усовершенствование конструкций резервуаров позволит</p>

<p>В4. Обмен опытом разработки с другими конструкторами и исследовательскими заведениями</p> <p>В5. Возможность изготавливать емкости данного типа в РФ</p>	<p>уменьшить материальные затраты на их производство.</p> <p>2. Обмен опытом разработок помогает создавать продукт с наилучшими параметрами.</p>	<p>экономить материал на производство.</p> <p>2. Обмен опытом позволяет повышать квалификацию персонала.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Недостаток финансирования</p> <p>У2. Увеличение стоимости криогенных материалов</p> <p>У3. Ограниченность природных ресурсов</p> <p>У4. Переход на новый вид топлива</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>1. Увеличение стоимости криогенных материалов приведет к высокому уровню технического оснащения изделия.</p> <p>2. Недостаток финансирования простимулирует качество производимого изделия, что продлит срок службы.</p> <p>3. Страны, заинтересованные в данной разработке, могут покрыть недостаток финансирования.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>1. Увеличение стоимости материалов приведет к поиску более дешевых, но похожих по характеристикам.</p> <p>2. Недостаток финансирования, повлечет повышение квалификации персонала.</p>

Анализируя результаты SWOT-анализа, можно утверждать, что реализация представленных возможностей позволяет выгодно реализовать сильные стороны и уменьшить влияние слабых.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе проведено планирование комплекса предполагаемых работ, для этого решены следующие задачи:

- определение структуры работ в рамках научно-исследовательского проекта;
- определение участников для выполнения каждой из поставленных работ;
- установление продолжительности срока выполнения работ;
- построение графика проведения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Разработка концепции проекта	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Разработка концепции проекта	Руководитель, дипломник
	4	Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	Руководитель
	5	Календарное планирование работ	Руководитель, дипломник
	6	Проведение теоретической оценки и	Дипломник

Теоретические и экспериментальные исследования		предварительных расчетов	
	7	Компьютерное моделирование	Дипломник
	8	Сравнение теоретических данных с результатами моделирования	Дипломник
Анализ результатов	9	Оценка эффективности проделанных работ	Дипломник
	10	Определение объема и частей ОКР	Руководитель, Дипломник
Проведение ОКР			
Разработка и проектирование	11	Разработка принципиальной схемы резервуара	Дипломник
	12	Выбор и расчет конструкции	Дипломник
Оформление отчета по ВКР	13	Подготовка ВКР	Дипломник

Определение трудоемкости выполнения работ

Для разработки календарного план-графика проведения научного исследования построена диаграмма Ганта (табл. 7). Диаграмма представляет собой ленточный график, на котором работы в рамках проекта отображаются протяжными во времени отрезками, которые обозначают даты начала и окончания выполнения работ.

Для построения диаграммы Ганта составил таблицу временных показателей проведения научного исследования (табл. 6).

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{\min} чел-дни	t_{\max} чел-дни	$t_{ож\ i}$ чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	Руководитель	1	2
Подбор и изучение материалов по теме	12	20	15	Дипломник	15	22
Разработка концепции проекта	1	1	1	Руководитель, дипломник	1	2
Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	1	1	1	Руководитель	1	2
Календарное планирование работ	1	1	1	Руководитель, дипломник	1	2
Проведение теоретической оценки и предварительных расчетов	4	12	7	Дипломник	7	11
Компьютерное моделирование	3	8	5	Дипломник	5	8
Сравнение теоретических данных с результатами моделирования	1	1	1	Дипломник	1	2
Оценка эффективности проделанных работ	1	1	1	Руководитель, дипломник	1	2

Определение объема и частей ОКР	2	3	2	Руководитель, дипломник	1	2
Разработка принципиальной схемы резервуара	10	18	13	Дипломник	13	20
Выбор и расчет конструкции	5	8	6	Дипломник	6	9
Подготовка ВКР	30	40	34	Дипломник	34	50

Для определения продолжительности выполнения работы используется следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

где:

T_{ki} – длительность работ в календарных днях;

T_{pi} – длительность работ в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

где:

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki}	январь	февраль	март	апрель	май
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2					
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	22					
3			2					

	Разработка концепции проекта	Руководитель, дипломник				
4	Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	Руководитель	2			
5	Календарное планирование работ	Руководитель, дипломник	2			
6	Проведение теоретической оценки и предварительных расчетов	Дипломник	11			
7	Компьютерное моделирование	Дипломник	8			
8	Сравнение теоретических данных с результатами моделирования	Дипломник	2			
9	Оценка эффективности проделанных работ	Дипломник	2			
10	Определение объема и частей ОКР	Руководитель, дипломник	2			
11	Разработка принципиальной схемы резервуара	Дипломник	20			
12	Выбор и расчет конструкции	Дипломник	9			
13	Подготовка ВКР	Дипломник	50			
	- Дипломник	- Руководитель				- Руководитель, дипломник

Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В рамках планирования бюджета НТИ необходимо обеспечить достоверное отображение всех видов расходов, связанных с выполнением

работы. Для формирования бюджета НТИ принято использовать следующую группировку затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

Затраты на расходные материалы

Затраты на специальное оборудование и материальные затраты отсутствуют, поскольку настоящее исследование не требует закупки оборудования, сырья, материалов, запасных частей. В моем научно-техническом исследовании изготовление опытного образца не производится, поэтому затраты на его производство отсутствуют.

Для проведения научного исследования нам необходим компьютер, с установленным на него специальных программ и с нужным нам программным обеспечением.

Затраты на покупку компьютера:

$$З = dk + d_{по} = 30000 + 1500 = 31500 \text{ руб.}, \quad (12)$$

где: dk – стоимость компьютера; $d_{по}$ – стоимость программного обеспечения. Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно.

Основная заработная плата исполнителей темы

Данный раздел отображает основную заработную плату научных сотрудников и инженерно-технических работников непосредственно участвующих в выполнении работ в рамках проекта. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-раб.дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Руководитель	10	1426	14260
2	Дипломник	130	575	74750
Итого				89010

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} \quad (13)$$

$$\text{Для руководителя} \quad З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot k_{\text{р}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{24600 \cdot 1,3 \cdot 11,2}{251} = 1426 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника} \quad З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot k_{\text{р}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{9489 \cdot 1,3 \cdot 10,4}{223} = 575 \text{ руб.,}$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент; $М$ – количество месяцев работы без отпуска в течении года; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \quad (14)$$

$$\text{Для руководителя} \quad З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1426 \cdot 10 = 14260 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника} \quad З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 575 \cdot 130 = 74750 \text{ руб.,}$$

где $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.; $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Расчет основной и дополнительной (полной) заработной платы:

$$С_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (15)$$

$$\text{Для руководителя} \quad С_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 14260 + 1711 = 15971 \text{ руб.}$$

$$\text{Для инженера} \quad С_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 74750 + 8970 = 83720 \text{ руб.,}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данном разделе проведен расчет затрат по дополнительной заработной плате. Дополнительная заработная плата учитывает доплаты за отклонение от нормальных условий труда, выплаты, связанные с обеспечением гарантий и компенсаций предусмотренных Трудовым кодексом РФ.

Для расчета дополнительной заработной платы используется следующая формула:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (16)$$

$$\text{Для руководителя} \quad Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 14260 = 1711 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника} \quad Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 74750 = 8970 \text{ руб.,}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы

Расчет расходов на оплату труда ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (17)$$

$$\text{Для руководителя} \quad Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 14260 + 1711 = 15971 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника} \quad Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 74750 + 8970 = 83720 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (18)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

($k_{\text{внеб}} = 30,2$) для учреждений осуществляющих образовательную деятельность)

$$\begin{aligned} \text{Для руководителя} \quad Z_{\text{ВНЕБ}} &= k_{\text{ВНЕБ}} \cdot (Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}) = \\ &= 0,302 \cdot (14260 + 1711) = 4823 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Для дипломника} \quad Z_{\text{ВНЕБ}} &= k_{\text{ВНЕБ}} \cdot (Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}) = \\ &= 0,302 \cdot (74750 + 8970) = 25283 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы

В этом разделе проводится расчет накладных расходов, которые складываются из затрат по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, обслуживанию зданий и сооружений, затрат на печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и др. Величина коэффициента накладных расходов порядка 16% от суммы прочих расходов.

Величина накладных расходов определяется по формулой:

$$Z_{\text{НАКЛ}} = (Z_{\text{ПОЛН}} + Z_{\text{ВНЕБ}}) \cdot k_{\text{НР}}, \quad (19)$$

где $k_{\text{НР}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$\begin{aligned} \text{Для руководителя} \quad Z_{\text{НАКЛ}} &= (Z_{\text{ПОЛН}} + Z_{\text{ВНЕБ}}) \cdot k_{\text{НР}} = \\ &= (15971 + 4823) \cdot 0,16 = 3327 \text{ руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Для дипломника} \quad Z_{\text{НАКЛ}} &= (Z_{\text{ПОЛН}} + Z_{\text{ВНЕБ}}) \cdot k_{\text{НР}} = \\ &= (83720 + 25283) \cdot 0,16 = 17440 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Распределение бюджета затрат НТИ по статьям отображено в таблице

9.

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Затраты на специальное оборудование	31500	35000	33000
2	Затраты по основной заработной плате	89010	96738	89309
3	Затраты по дополнительной заработной плате	10681	11608	10717

4	Отчисления во внебюджетные фонды	30106	32720	30208
5	Накладные расходы	20767	22570	20837
6	Бюджет затрат НТИ	182064	198636	184071

Общий бюджет затрат НТИ составил 182064 руб., среди возможных альтернатив этот вариант является самым дешевым.

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения показателя эффективности научного исследования необходимо определить интегральный показатель эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{раз.}} = \frac{\Phi_{\text{раз.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{182064}{198636} = 0,916;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ан.1}} = \frac{\Phi_{\text{ан.1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{198636}{198636} = 1,00;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ан.2}} = \frac{\Phi_{\text{ан.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{184071}{198636} = 0,927.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки относительно самого затратного варианта.

Для оценки интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов реализации научного исследования используется формула:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (21)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта реализации научного исследования; a_i – весовой коэффициент i -го варианта реализации научного исследования; b_i – бальная оценка i -го варианта реализации научного исследования; n – число параметров сравнения.

Результаты расчета интегрального показателя ресурсоэффективности приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1. Удобство в эксплуатации	0,09	5	4	4
2. Финансовая эффективность	0,23	4	4	3
3. Тепловая изоляция	0,16	5	3	4
4. Надежность	0,21	4	5	4
5. Масса габариты	0,14	4	4	5
6. Материалоемкость	0,17	4	3	3
Итого	1	26	23	23

$$I_{p-раз.} = 5 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,23 + 5 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,21 + 4 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,17 = 4,25;$$

$$I_{p-ан.1} = 4 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,23 + 3 \cdot 0,16 + 5 \cdot 0,21 + 4 \cdot 0,14 + 3 \cdot 0,17 = 3,74;$$

$$I_{p-ан.2} = 4 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,23 + 4 \cdot 0,16 + 4 \cdot 0,21 + 5 \cdot 0,14 + 3 \cdot 0,17 = 3,74.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (22)$$

где $I_{исп.i}$ – интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки.

$$I_{\text{раз.}} = \frac{I_{\text{р-раз.}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4,25}{0,916} = 4,64;$$

$$I_{\text{ан.1}} = \frac{I_{\text{р-ан.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,74}{1} = 3,74;$$

$$I_{\text{ан.2}} = \frac{I_{\text{р-ан.2}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,74}{0,927} = 4,03.$$

Для определения сравнительной эффективности проекта необходимо сравнить интегральные показатели эффективности вариантов исполнения. Для этого воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} \quad (23)$$

Результаты сравнения приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,916	1,00	0,927
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,74	3,74
3	Интегральный показатель эффективности	4,64	3,74	4,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,24	1,15

Анализируя полученные данные можно судить о эффективности выбранного варианта исполнения по сравнению с аналогами, так как показатели финансовой и ресурсной эффективности, для варианта, используемого в рамках бакалаврской работы, выше чем соответствующие показатели рассматриваемых аналогов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Е41	Крылову Дмитрию Евгеньевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <p>1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеосостояния, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</p> <p>1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</p> <p>1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</p> <p>1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<p>Рабочее место – танкер-метановоз. Сферический резервуар</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шум - вибрация; - недостаточная освещенность рабочей зоны. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожароопасность; - взрывоопасность. <p>Воздействие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> -воздействие на атмосферу; -воздействие на гидросферу. <p>Возникновение чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> -утечка сжиженного природного газа - пожар.
2. Ознакомление и отбор законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.	<p>СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96;</p> <p>СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96;</p> <p>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03;</p> <p>ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ;</p> <p>РД 31.11.81.43-83.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</p> <p>1.2. действие фактора на организм человека;</p> <p>1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>1.4. предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	<p>Физико-химическая природа вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенные уровни вибрации; <p>Действие факторов на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> - болезни органов слуха - расстройства центральной нервной системы; - нарушение функций сердечно-сосудистой системы. <p>Средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виброизолирующие устройства. <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - спецодежда; - спецобувь; - защитные каски.
---	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <p>2.1.термические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.2.Опасность отравления химическими реагентами;</p> <p>2.3.Опасность загораний (пожаров) (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</p>	<p>Источник опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сжиженный природный газ. <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> -перчатки; -изолирующая одежда. <p>Причины взрывов и пожаров:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разгерметизация емкости; - утечка газа.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>3.1.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</p> <p>3.2.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</p> <p>3.3.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p>	<p>Воздействие на селитебную зону исключено, так как терминалы для погрузки и разгрузки СПГ находятся на безопасном расстоянии.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу.</p> <p>Воздействие на гидросферу: утечка технических жидкостей с судна, сброс балластной воды.</p> <p>Воздействие установки на литосферу исключено, т.к. отсутствуют выбросы продуктов работы установки в литосферу.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>4.1.перечень возможных ЧС на объекте;</p> <p>4.2.выбор наиболее типичных ЧС;</p> <p>4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p>	<p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пожар; - утечка СПГ. <p>Меры предосторожности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - следить за давлением и температурой СПГ внутри резервуара; - следить за герметичностью резервуара.
Перечень графического и инструктивного материалов:	
Обязательные графические материалы к расчётам по заданию (обязательно для специалистов и магистров).	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле Александр Владимирович	К.М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е41	Крылов Дмитрий Евгеньевич		

5. Социальная ответственность

В рамках бакалаврской работы поставлена задача проанализировать особенности сферического резервуара для транспортировки сжиженного природного газа на водном транспорте. В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных вредных и опасных факторов при эксплуатации и обслуживании сферической емкости на танкере-метановозе. В качестве персонала в данном разделе рассматривается механик по ремонту судов и судового оборудования.

Механик по ремонту судов и судового оборудования должен знать:

- конструкции судового оборудования и условия их эксплуатации;
- методы определения технического состояния деталей и узлов технических средств и элементов корпуса судов;
- технологию и организацию судоремонта, виды и правила оформления ремонтной документации.
- устройство, назначение и правила применения используемых контрольно-измерительных инструментов;
- порядок действий членов экипажа судна в соответствии с системой управления безопасностью при возникновении аварийных и чрезвычайных ситуаций;
- требования охраны труда;

Эксплуатирующая организация обязана:

1. Обеспечить правильное содержание, эксплуатацию, ремонт и безопасное обслуживание оборудования.
2. Разрабатывать график планово-предупредительных осмотров, технического обслуживания и ремонта судовых технических средств.
3. Вести отчетную и учетную документацию по техническому состоянию энергетического оборудования судов
4. Принимать решения о замене выработавших ресурс, изношенных деталей.

Целью данного раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, повышение производительности персонала, обеспечение производственной безопасности, сохранение работоспособности, а также охрана окружающей среды.

5.1. Описание рабочей зоны

Рабочей зоной является непосредственно танкер – метановоз. При работе на судне согласно ГОСТ 12.0.003-74, на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- превышение уровня вибрации;
- недостаточная освещенность естественным светом;
- пожароопасность;
- взрывоопасность.

Производственная безопасность

Для оценки вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации сферических резервуаров для транспортировки сжиженного природного газа, необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 [4] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Характерные для данной разработки вредные и опасные факторы представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Опасные и вредные факторы при эксплуатации сферической емкости для СПГ

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Танкер-метановоз			

Сферическая емкость	1. Превышение уровня шума; 2. Превышение уровня вибрации; 3. Недостаточная освещенность естественным светом.	1. Взрывоопас- ность. 2. Пожароопас- ность.	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96; СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ; РД 31.11.81.43-83.
------------------------	--	--	---

5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Защита от шума и вибрации

Шумом называют комплекс звуков, воспринимаемых органом слуха человека вне зависимости от характера и природы возникновения. Величина шума характеризуется двумя показателями: уровнем звукового давления и эквивалентным (по энергии) уровнем звука. Уровень звукового давления является показателем постоянного шума на рабочем месте и измеряется в децибелах (дБ). Эквивалентный уровень звука является показателем прерывистого, импульсного шума на рабочем месте и измеряется в децибелах по шкале «А» (дБА).

Длительное воздействие интенсивного шума может вызывать понижение чувствительности слухового аппарата. Через слуховую систему шум оказывает вредное влияние на весь организм и в первую очередь на нервную систему человека. Кроме того, производственный шум мешает рабочему сосредоточиться при выполнении работы и снижает его работоспособность.

Эффективным мероприятием по борьбе с шумом является снижение его в источнике образования.

Предельно допустимые уровни шума представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Предельно допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Танкер-метановоз	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Рабочее место	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Одним из наиболее вредных для человеческого организма производственных факторов является вибрация. Под вибрацией понимается колебание твёрдых тел.

При длительном воздействии вибрации на человека страдают отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека, а также это приводит к профессиональным заболеваниям, основной из которых является – виброблезнь, признаки которой: головокружение, онемение нижних конечностей и потеря ориентации в пространстве.

Гигиенические нормы вибрации представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Рабочее место	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [14] и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 [13] предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89;
- установка звукоизолирующих кабин;

- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Недостаточная освещенность естественным светом

Недостаточная освещенность рабочего места ускоряет наступление усталости, снижает внимательность, значительно снижает производительность труда.

Причиной недостаточной освещенности рабочего места может быть и неудовлетворительный уход за светильником, загрязненность ламп, что снижает освещенность на 30 % и более.

Для достижения благоприятных условий труда нужно позаботиться и о правильном освещении, так как недостаточная освещенность рабочего места либо чрезмерные световые контрасты вызывают напряжение зрения и способствуют развитию общего утомления.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [12].

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а также зависит от погодных условий. Необходимо обеспечить рабочее место дополнительным искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются люминесцентные лампы.

В таблице 15 приведены нормируемые значения КЕО.

Таблица 15 – Нормируемые значения КЕО

Характеристика выполняемой зрительной работы	Наименьший размер объекта	Разряд зрительной работы	Значение КЕО в при естественном освещении, %
--	---------------------------	--------------------------	--

	различия, мм		верхнем и комбинированном	боко вом
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5
Очень высокой точности	0,15 ... 0,30	II	7	2,5
Высокой точности	0,3 ... 0,5	III	5	2,0
Средней точности	от 0,5 до 1,0	IV	4	1,5
Малой точности	от 1 до 5	V	3	1,0
«Грубая работа»	Более 5	VI	2	0,5
Работа с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах		VII		
Общие наблюдения за ходом производственного процесса:		VIII		
постоянное наблюдение	-	VIIIa	1	0,3
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIIIб	0,7	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIIIв	0,5	0,1

5.3. Анализ опасных факторов, выявленных на производстве

Пожаробезопасность

Пожары – неконтролируемый процесс горения, которые чреваты большими материальными издержками, а часто и человеческими жертвами.

Обеспечение пожаробезопасности регламентируется РД 31.11.81.43-83 [11] и начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного производственного объекта. Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03) рассматриваемый объект относится к классу А. Высокая пожарная опасность МСП обусловлена рядом характерных особенностей. Одной из них является изолированность носителя объекта при достаточно высокой численности персонала. В связи с этим определенную трудность представляют обеспечение своевременной и беспрепятственной эвакуации людей при возникновении пожара, их защита на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара и безопасное покидание судна в случае критической аварийной ситуации.

При эксплуатации резервуара следует обеспечивать соблюдение главных принципов обеспечения пожарной безопасности в конструкциях судна:

- уменьшение возможности возникновения пожара;
- ограничение распространения пожара;
- обеспечение безопасных путей эвакуации экипажа;
- оборудование танкера активными средствами пожаротушения;
- установка надлежащей пожарной сигнализации и системы оповещения.

Уменьшение возможности возникновения пожара осуществляется за счет использования при строительстве танкера негорючих и не аккумулирующих статическое электричество материалов, рационального и безопасного расположения жилых, специальных и служебных помещений, использования взрывобезопасного оборудования, надлежащей вентиляции палубных помещений. Использование горючих материалов при постройке танкера весьма ограничено. Конструкции танкера должны быть изготовлены из огнестойких (класса А) или огнезадерживающих (класса В) материалов.

Огнестойкие материалы (сталь или равноценные материалы) предотвращают прохождение через них дыма и огня в течение 60 минут, а негорючий изоляционный материал на поверхности таких конструкций должен обеспечивать повышение температуры на стороне, обратной воздействию огня, не более чем на 139 градусов С.

Пожар может возникнуть только при наличии всех составляющих «пожарного треугольника», а именно [2]:

- кислорода,
- горючего материала,
- источника воспламенения в одном месте и в одно и то же время.

При исключении любой из этих составляющих возникновение пламени невозможно. Поэтому при конструировании судна очень важно определить, какой из элементов «пожарного треугольника» и каким способом можно удалить в различных частях судна.

Район грузовых помещений самый опасный — здесь находятся горючие материалы. Поэтому необходимо конструктивно избегать в нем образования любого источника открытого пламени. В настоящее время все силовые агрегаты на грузовой палубе газовозов в подавляющем большинстве случаев приводятся в движение электромоторами. Следовательно, электромоторы и любое другое электрооборудование, используемое в районе грузовых операций, должны быть выполнены так, чтобы исключить возможность возникновения открытого пламени или искр.

Ограничение распространения пожара по судну достигается делением его горизонтальными и вертикальными переборками на противопожарные зоны. Обычно на танкере или газовозе существуют следующие конструктивно выделенные зоны:

- помещения полубака,
- район грузовых помещений,
- район жилых и служебных помещений надстройки,
- машинно-котельное отделение.

Аварийные выходы для экипажа также должны быть выгорожены из корпуса судна переборками из негорючих материалов.

К активным средствам тушения пожаров на газовозе относятся:

- система водотушения;
- система орошения;
- система порошкового тушения;
- система пенотушения;
- системы объемного тушения.

Системы обнаружения пожаров включают в себя центральный пульт управления и сигнализации, сеть датчиков по обнаружению дыма, огня или чрезмерного нагрева, а также ручных пожарных извещателей. Центральный пост располагается на ходовом мостике и устроен так, что при срабатывании датчика или извещателя на пульте указывается местоположение этого датчика или извещателя на судне. При этом автоматически включается сигнал общесудовой тревоги, который должен быть слышен по всему судну.

Центральный пост и система оповещения должны иметь как минимум два независимых источника питания, каждый из которых способен обеспечить надлежащую работу всей системы. Один из источников питания должен обеспечивать работу системы обнаружения пожара и сигнализации при выходе из строя общего судового питания.

Взрывоопасность

Взрыв — быстропротекающий физический или физико-химический процесс, проходящий со значительным выделением энергии в небольшом объёме за короткий промежуток времени и приводящий к ударным, вибрационным и тепловым воздействиям на окружающую среду вследствие высокоскоростного расширения продуктов взрыва.

Для обеспечения взрывобезопасности руководствуются ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ [3]. Производственные процессы должны разрабатываться так, чтобы вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не превышала 10^{-6} .

Взрывобезопасность производственных процессов должна быть обеспечена взрывопреупреждением и взрывозащитой, организационно-техническими мероприятиями.

Параметрами и свойствами, характеризующими взрывоопасность среды, являются:

- температура вспышки;
- концентрационные и температурные пределы воспламенения;
- температура самовоспламенения;
- нормальная скорость распространения пламени;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода (окислителя);
- минимальная энергия зажигания;
- чувствительность к механическому воздействию (удару и трению).

Природный газ представляет из себя смесь газов, основной объем которой составляет метан (обычно около 90%). В состав природного газа входят также пропан, бутан, пентан, гексан, углекислый газ, азот и др. Для воспламенения необходимо иметь концентрацию газа в воздухе от 4,4 % до 17 % (объемных). Если концентрация менее 4,4 %, то газа будет недостаточно для начала возгорания, а если более 17 %, то в смеси будет слишком мало кислорода. Для использования СПГ подвергается регазификации — испарению без присутствия воздуха. Минимальная энергия зажигания – 0,28 МДж. В свободном состоянии природный газ горит медленно с низким перепадом давления (менее 5 кПа). Давление может повышаться в местах с загроможденным или замкнутым пространством, на пример в местах с плотно установленным оборудованием или с плотной застройкой.

Для предупреждения взрыва необходимо исключить:

- образование взрывоопасной среды;
- возникновение источника инициирования взрыва.

Для этого необходимо обеспечивать герметичность резервуара, а также использовать вблизи резервуаров искробезопасное оборудование.

5.4. Экологическая безопасность

Воздействие на атмосферу

Во время транспортировки СПГ в резервуаре происходят выбросы в атмосферу. Ими являются: продукты неполного сгорания:

– Оксид углерода, диоксид азота, аэрозольные органические частицы, полициклические ароматические углеводороды и небольшое количество летучих органических соединений

Эти выбросы удаляются через выхлопные трубы танкера – выбросы постоянного действия.

Воздействие на гидросферу

Во время эксплуатации танкера происходят сбросы балластной воды, которые приводят как к ухудшению качества воды, так и к появлению в ней чужеродных (инвазивных) видов. Биологические организмы из других сред, переносимые в балластной воде, могут легко приживаться и распространяться в локальной среде обитания, искажая ее биобаланс.

Для защиты от этого воздействия современные суда оборудуются системами обеззараживания и уничтожения микроорганизмов, либо применяется замена балластных вод в открытом море, либо происходит их обработка на берегу в специальных емкостях.

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Утечка сжиженного природного газа

Одной из чрезвычайных ситуаций, которые могут случиться на танкере, перевозящем сжиженный природный газ является утечка СПГ.

Утечка СПГ может повлечь за собой серьезное повреждение грузового танка и разрушение внутреннего корпуса. Для того чтобы избежать этого происходит выгрузка сжиженного газа в море. Это является аварийной операцией и должна быть сделана только для избежания серьезных повреждений грузового судна, которые в свою очередь угрожают безопасности экипажа, судну и окружающей среде.

Повреждение мембраны и меж барьерного пространства в одном или более грузовых танках могут привести к необходимости выгрузки груза в море из этого грузового танка.

Эта операция выполняется при помощи одного грузового насоса, через съемную форсунку, прикрепленную к манифолду.

Выгрузка СПГ в море создает опасные условия:

- все стороны проблемы должны быть тщательно изучены и оценены, пред тем как принять решение о выгрузке СПГ в море;
- все имеющееся оборудование по борьбе с пожаром должно быть развернуто и готово к немедленному использованию;
- все входы, отверстия и вентиляционные мачты должны быть задраены;
- курение на судне вообще запрещается;
- водяная завеса с борта выгрузки должна работать во время всей операции по выгрузке.

Погодные условия и направление движения судна по отношению к ветру, должны быть таковыми, чтобы выгружаемая жидкость и образующийся пар относилось от судна. Необходимо предотвратить пересечение парового облака с выхлопными газами.

Скорость выгрузки должна быть ограничена скоростью одного насоса и, если потребуется, ее надо уменьшить до пределов, дающих хорошее рассеивание в преобладающих погодных условиях.

Пожар

Эффективность борьбы с пожаром зависит от места нахождения очага пожара, конструктивных особенностей судна, вида горящего материала, количества членов экипажа и комплектности, состава противопожарного оборудования и качества.

Член экипажа, обнаруживший пожар или его признаки, должен немедленно подать сигнал тревоги. Задержка подачи сигнала тревоги влечет за собой молниеносное распространение пожара. Ни один член экипажа не должен начинать борьбу с пожаром, каким бы незначительным он ему ни показался, пока не будет подан сигнал тревоги.

При обнаружении пожара двумя или несколькими членами экипажа, одному из них следует подать сигнал тревоги, а другие одновременно должны попытаться потушить пожар имеющимися под рукой средствами. Например, небольшой пожар в металлической урне можно прекратить, закрыв ее негорючей крышкой, пока член экипажа, обнаруживший его, отлучится для извещения о пожаре.

Сообщать следует о всех пожарах, даже если они прекратились сами собой в связи с отсутствием горючего материала или кислорода. Исследование причин их возникновения поможет вскрыть дефекты или условия, устранения которых предотвратит подобные пожары в дальнейшем.

Сообщение о месте возникновения пожара. Член экипажа, подающий сигнал тревоги, должен быть уверен в том, что он сообщает точное место возникновения пожара (помещение и уровень палубы).

Это важно по нескольким причинам:

во-первых, тем самым определяется конкретное место работы пожарной группы;

во-вторых, дается информация о типе пожара, к борьбе с которым следует подготовиться;

в-третьих, знание точного места возникновения пожара может подсказать необходимость отключения определенных систем вентиляции.

И наконец, оно позволит установить, какие двери и люки следует закрыть для локализации пожара.

Когда местонахождение скрытого пожара установлено, дверь в данное помещение не следует открывать до тех пор, пока не подоспеет помощь и не будет доставлен рукав для тушения пожара.

На горение в закрытом помещении расходуется кислород, находящийся внутри этого помещения. Для увеличения очага пожара требуется дополнительный кислород, а при открывании двери он поступает в большом количестве. Языки пламени и нагретые газы интенсивно выбрасываются через открытые двери. Человек, оказавшийся на их пути, может получить тяжелые ожоги. Если на огонь не будет направлена струя воды, он станет распространяться с огромной скоростью. Чем позднее обнаружен пожар, тем более опасной может оказаться ситуация. Поэтому прежде чем открыть дверь, охладите ее водой. Всегда открывайте дверь с места, находящегося в стороне от дверного проема.

Далее приступают к действиям в соответствии с оперативным планом по борьбе с пожаром. Снижают или останавливают движение судна, при необходимости меняют курс таким образом, чтобы огонь был с наветренной стороны. Отключают электроэнергию в районе пожара, изолируют район огня, локализуют пожар. Приводят в действие все технические средства пожаротушения. Старший помощник капитана должен получить подробную информацию о пожаре и проанализировать ситуацию.

Руководитель операций по тушению пожара, находящийся на месте пожара, должен по возможности быстро определить тип пожара (какие горючие материалы горят), огнетушащее вещество, требуемый способ атаки, способ предотвращения распространения огня, необходимое для тушения пожара количество людей и другие конкретные задачи.

Требования охраны труда и промышленной безопасности

К самостоятельной работе, в качестве механика по ремонту судов и судового оборудования допускаются лица: достигшие 18-летнего возраста,

прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по здоровью. Прошедшие обучение в области промышленной безопасности в специальном учебном центре и имеющие квалификационное удостоверение механика по ремонту судов и судового оборудования, прошедшие вводный инструктаж, прошедшие стажировку на рабочем месте не менее 14 рабочих смен, проверку знаний и получившие допуск к выполнению самостоятельной работы; имеющие удостоверение об аттестации. Механик по ремонту судов и судового оборудования обязан соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, не нарушать производственную трудовую и технологическую дисциплину.

Запрещается нахождение на рабочем месте в состоянии алкогольного, токсического и наркотического опьянения, а также употребление спиртных напитков, токсических и наркотических препаратов.

Выдача механику по ремонту судов и судового оборудования спецодежды, перчаток, очков, спецобуви и других средств личной защиты производится в соответствии утверждённых норм бесплатной выдачи всего необходимого.

Заключение

В результате выполнения ВКР был выполнен прочностной расчет сферической емкости для хранения СПГ. В результате расчетов была определена минимально допустимая толщина стенки резервуара.

В теоретической части дипломной работы была приведена классификация танкеров СПГ, рассмотрены конструктивные особенности резервуаров СПГ, предъявляемые к ним требования.

В разделе экономики был выполнен SWOT – анализ проекта, также выявлены его слабые и сильные стороны, выполнен расчет бюджета затрат.

В главе социальная ответственность были выявлены, как вредные, так и опасные факторы. Произведен анализ способов борьбы с ними, рассмотрено потенциальное воздействие на окружающую среду: гидросферу, литосферу и атмосферу.

Список использованных источников

1. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем. – «GAZ SUN», 2002 г.
2. Васильев В.И., Храмов Г.Н., Яковлев В.В. Пожары. Поражающее действие и обеспечение безопасности. Учебное пособие, СПбГПУ, 2002 г., 4.5 п.л.
3. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200270>
4. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200224>
5. Инновации в области морской перевозки. А.М. Вербо//Горный информационно-аналитический бюллетень, 2008. №3. 16 с.
6. Касаткин Р.Г. Система морской транспортировки сжиженного природного газа из Арктики. –М., Издательство ЛКИ, 2008 г. – 104 с.
7. Логачев С.И., Николаев М.М. Суда для перевозки сжиженных газов. –Издательство: «Судостроение», 1966. – 300 с.
8. Преображенский Н.И. Сжиженные углеводородные газы. –Л., «Недра», 1975. – 279 с.
9. Расчет шарового(сферического) резервуара [Электронный ресурс]: URL: <http://чхмт.рф/uchebnik/TOO/2210.php>
10. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. – Издательство: «Нефть и газ», 2009. – 640 с.
11. РД 31.11.81.43-83. Правила перевозки сжиженных газов наливом специализированными судами-газовозами. [Электронный ресурс]: URL: https://znaytovar.ru/gost/2/RD_3111814383_Pravila_perevozk.html
12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/901859404>

13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/901703281>

14. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/901703278>

15. Саруев А.Л. Прочность оборудования газонефтепроводов и хранилищ. Конспект лекций, 2009

16. Сжиженный природный газ в мире и России: текущее состояние и перспективы развития. [Электронный ресурс]: сайт компании «Vostock Capital», URL: <https://www.vostockcapital.com/spg/szhizhennyiy-prirodnyiy-gaz-v-mire-rossii-tekushhee-sostoyanie-perspektivy-razvitiya>

17. Яковлев В.В. Нефть. Газ. Последствия аварийных ситуаций. – СПб, 2003. –414 с.

Приложение А.

Приложение А. Основные физико-химические свойства газов

Показатели	Метан	Этан	Пропан	Изо- бутан	Н- Бутан
Химическая формула	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀
Молярная масса г/моль	16.032	30.046	44.062	58.077	58.077
Газовая постоянная, (Дж/г·К)	0.5186	0.2767	0.1887	0.1430	0.1430
Температура плавления при 101 кПа, К	90.6	100.6	85.6	128.1	138.1
Температура кипения при 101 кПа, К	111.8	184.5	230.9	263.0	272.6
Температура кипения при 101 кПа, °С	-161.3	-88.6	-42.2	-10.1	-0.5
Критические параметры: температура, °С давление, Мпа	-82.5 4.58	+33.0 4.86	+96.6 4.34	+134.0 3.82	+152.0 3.57
Плотность газа при 0°С и 101 кПа, кг/м ³	0.554	1.038	1.523	2.007	2.007
Удельный объем газа при 0°С и давлении 101 кПа, м ³ /кг	1.4	0.746	0.510	0.385	0.385
Плотность жидкого газа при 0°С и давлении 101 кПа	416	546	528	582	600
Теплота испарения при температуре Т _{кип} и давлении 101 кПа, Дж/кг	569840	490230	427380	351960	393860
Октановое число	125	125	125	99	91

Высшая теплотворная способность на 1 кг при 15°C и при 101 кПа, кДж	65121	60760	58310	57820	57820
Низшая теплотворная способность на 1 кг при 15°C и при 101 кПа, кДж	58653	55370	54341	53410	53410
Высшая теплотворная способность на 1 м3 при 15°C и при 101 кПа, кДж	43610	77420	109760	142100	142100
Низшая теплотворная способность на 1 м3 при 15°C и при 101 кПа, кДж	39200	70560	100940	126910	126910
Температура воспламенения в воздухе, °C	680-750	530- 605	510-580	475-550	475-550
Теоретическая температура горения, °C	1830	2020	2043	2057	2057
Низший предел воспламенения, % по объему	5.35	3.2	2.3	1.8	1.9
Высший предел воспламенения, % по объему	14.9	12.5	9.5	8.4	8.5